



AD

(21) Aktenzeichen: P 37 01 788.8  
 (22) Anmeldetag: 22. 1. 87  
 (23) Offenlegungstag: 4. 8. 88

## (21) Anmelder:

Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

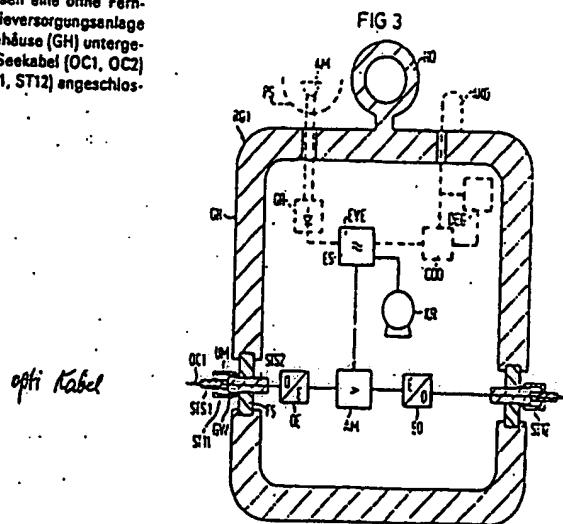
## (21) Erfinder:

Oestreich, Ulrich, Dipl.-Ing., 8000 München, DE

## (24) Seekabel-Übertragungsstrecke mit optischen Übertragungselementen

Die Regeneratoren (RG1, RG2) weisen eine ohne Fernspeisung arbeitende autarke Energieversorgungsanlage (EVE) auf, die in einem druckfesten Gehäuse (GH) untergebracht ist, an welches die jeweiligen Seekabel (OC1, OC2) von außen über optische Stecker (ST11, ST12) angeschlossen sind.

DE 3701788 A1



1. Seekabel-Obertragungsstrecke mit optischen Übertragungselementen (Lichtwellenleitern) und mindestens einem Regenerator (RG 1), dadurch gekennzeichnet, daß als Seekabel ein leichtes ohne elektrische Fernspeisungsleiter aufgebautes optisches Kabel vorgesehen ist, und daß der Regenerator (RG 1) jeweils eine ohne Fernspeisung arbeitende autarke Energieversorgungseinrichtung (EVE) aufweist, die in einem druckfesten Gehäuse (GH) untergebracht ist, an welches die jeweiligen Seekabel (OC1, OC2) von außen über optische Steckerverbindungen (ST 11, ST 12) angeschlossen sind.

2. Seekabel-Obertragungsstrecke nach Anschluß 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Regenerator (RG 1) als Energieversorgungseinrichtung einen kleinen Kernreaktor (KR) aufweist.

3. Seekabel-Obertragungsstrecke nach Anschluß 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Regenerator (RG 1) Sensoren bzw. Antennen (AM, PS) oder Anschlußkabel aufweist, welche von der Meeresoberfläche her z. B. durch elektromagnetische Energie oder durch Ultraschall speisbar sind, und daß im Regenerator (RG 1) entsprechende Energie-Speichereinrichtungen (z. B. Batterien oder dergl.) vorgesehen sind.

4. Seekabel-Obertragungsstrecke nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Regenerator (RG 1) an seiner Außenseite über Schallwellen oder elektromagnetische Wellen aktivierbare Sensoren (AND) aufweist und daß im Inneren des Regenators (RG 1) eine Antworteinrichtung (COD) vorgesehen ist, welche ein, vorzugsweise für jeden einzelnen Regenerator der Obertragungsstrecke selektives, Antwortsignal bereitstellt und aussendet.

5. Seekabel-Obertragungsstrecke nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (GH) des Regenators (RG 1) als druckfeste, wasserdichte Stahlkugel ausgebildet ist.

6. Seekabel-Obertragungsstrecke nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (GH) jeweils an seiner Außenseite eine Hebeöse (HO) aufweist.

7. Seekabel-Obertragungsstrecke nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Steckverbindungen druckbelastet sind und daß es Seewasser in die am Gehäuse angebrachten optischen Stecker (ST 11) eindringt und als Immersionsflüssigkeit dient.

8. Seekabel-Obertragungsstrecke nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es als ein- bis sechsfaseriges, leichtes, leicht armiertes und leicht auslegbares Kabel ausgebildet ist (Fig. 4, Fig. 5).

9. Seekabel-Obertragungsstrecke nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß angepaßte, kürzere Verbindungen durch paralleles Verlegen mehrerer gleichartiger Strecken hergestellt sind.

10. Seekabel-Obertragungsstrecke nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß, insbesondere für Flachwasserbereiche, durch einen Bleimantel und/oder eine zusätzliche schwere Bewehrung das Kabel abriebssicher ge-

11. Verfahren zum Verlegen einer Seekabel-Obertragungsstrecke nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Seekabel maschinell über Kopf im Bund gewickelt wird und daß es über Kopf vom Bund abgezogen und ausgelegt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Legen der Kabel von kleinen schnellen Schiffen aus durchgeführt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß im Reparaturfall nur die abgesenkten Regenatoren gehoben und mit einem vorkonfektionierten Ersatzkabelstück verbunden und wieder abgesenkt werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß beiderseits eines Regenators (RG 1) so viel Kabel am Meeresboden verlegt wird, daß das Heben des Regenators (RG 1) ohne Beschädigung der angeschlossenen Kabel vorgenommen werden kann (Fig. 2).

#### Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Seekabel-Obertragungsstrecke mit optischen Übertragungselementen (Lichtwellenleitern) und mindestens einem Regenerator.

Optische Seekabel dieser Art sind aus "Elektrisches Nachrichtenwesen", Band 56, Nr. 4, 1981, Seiten 392-398 bekannt. Die Verbindung zwischen den Regenatoren (Verstärkern) und den jeweiligen Seekabelstücken ist fest, d. h. das Seekabel wird in das Innere des Regenators eingeführt, und zwar mittels entsprechender aufwendiger Abdichtungsanordnung. Die Versorgung der Regenatoren erfolgt über in das optische Seekabel integrierte elektrische Leiter. Im Rahmen des Versuchsbetriebes wurde ein leeres Regeneratorgehäuse zusammen mit einer entsprechenden Kabelschleife verlegt und später gehoben. Daraufhin wurde der neue Verstärker eingespielt und das Kabel wieder zurückverlegt.

Die Herstellung und die Verlegung von Seekabeln, welche mit entsprechenden elektrischen Fernspeiseleitungssystemen versehen sind, ist relativ aufwendig, weil zusätzlich entsprechende elektrische Leiter eingebracht werden müssen, wobei die Leiter selbst und deren Isolation zu einer Versteifung des Kabels und zu einer Vergrößerung des Durchmessers beitragen. Weiterhin sind die bisherigen Seekabel, auch wenn sie mit Lichtwellenleitern aufgebaut wurden, je nach Legetiefe und Legeart mindestens ein bis dreilagig aufgebaut und in jedem Fall stark bewehrt. Die Ursache hierfür liegt in der bisher als unvermeidbar angesehenen Notwendigkeit, ein solches Kabel im Beschädigungsfalle mit Hilfe der klassischen Methoden reparieren zu müssen. Diese Notwendigkeit kann sich schon aus der Möglichkeit des Versagens der bei langen Strecken stets vorhandenen Regenatoren ergeben. Der beschriebene Aufbau der bekannten Seekabel hat hohe Herstellungskosten und hohe Reparaturkosten zur Folge und beinhaltet die Notwendigkeit spezieller Fabriken für die Herstellung und Verladung dieser Kabel ebenso wie spezielle Lege- und Reparaturschiffe.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Seekabel-Obertragungsstrecke der eingangs genannten Art zu schaffen, die mit wesentlich geringerem Aufwand hergestellt und verlegt werden kann und die auch preisgünstiger reparierbar ist. Gemäß der Erfindung wird

dies bei einer Seekabel-Obertragungsstrecke der eingangs genannten Art dadurch erreicht, daß als Seekabel ein leichtes ohne elektrische Fernspeisungssleiter aufgebautes optisches Kabel vorgesehen ist, und daß der Regenerator jeweils eine ohne Fernspeisung arbeitende autarke Energieversorgungseinrichtung aufweist, die in einem druckfesten Gehäuse untergebracht ist, an welches die jeweiligen Seekabel von außen über optische Steckerverbindungen angeschlossen sind.

Der Aufbau der optischen Kabel im Rahmen der Seekabel-Obertragungsstrecke kann wesentlich einfacher gehalten werden, weil die für die Fernspeisung benötigten elektrischen Leiter samt der notwendigen Isolation wegfallen können. Dadurch werden die Kabel nicht nur einfacher im Aufbau, sondern auch leichter, können wegen des geringeren Querschnitts mit geringerem Krümmungsradius aufgetrommelt und einfacher abgezogen werden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß infolge der mittlerweile erreichten geringen Übertragungsdämpfung bei optischen Seekabeln Regeneratorabstände in der Größenordnung von etwa 100 km möglich sind, so daß auch für große Übertragungsstrecken nur relativ wenige Regenrateuren benötigt werden. Der Ersatz eines Regenrateuren kann in einfacher Weise durchgeführt werden, weil bei diesem die jeweiligen Seekabel von außen über Steckseinrichtungen angeschlossen sind. Im Reparaturfall ist es also lediglich notwendig, den nicht mehr funktionsfähigen Regenerator durch Lösen der Steckverbindungen zu entnehmen und dafür einen neuen Regenerator einzusetzen, wobei lediglich die Steckanschlüsse wieder zu schließen sind. Auf dem Reparaturschiff sind somit bei einem derartigen Austausch keine komplizierten Arbeiten durchzuführen, so daß ein Regenrateuraustausch ohne großen Aufwand schnell und zuverlässig durchführbar ist. Ebense einfach ist die Reparatur eines beschädigten Seekabelstückes, weil dieses einfach bis zu den Steckverbindungen der benachbarten Regenrateuren durch ein neues ersetzt wird.

Die Vermeidung von Fernspeiseeinrichtungen ist dadurch möglich, daß jede Regenrateurstelle eine autarke Energieversorgungsanlage aufweist, die in einem druckfesten Gehäuse untergebracht ist, und zwar zweckmäßig zusammen mit dem jeweiligen Verstärker. Im einzelnen kann als Energieversorgungseinrichtung zweckmäßig ein kleiner Kernreaktor vorgesehen sein.

Es besteht aber auch die Möglichkeit, an den Regenrateuren Sensoren bzw. Antennen anzubringen, welche von der Meeresoberfläche her z.B. durch entsprechend gerichtete elektromagnetische Energie oder durch Ultraschall speisbar sind, wobei im Regenerator selbst entsprechende Energiespeichereinrichtungen (z. B. Batterien oder dergl.) vorzusehen sind.

Bei geringeren Tiefen und geringem Energieverbrauch können auch außen angebrachte, gegebenenfalls schwimmende Solarzellen als Energieversorgungseinrichtungen für die jeweiligen Regenrateuren vorgesehen werden.

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Verlegen einer Übertragungsstrecke der vorstehend beschriebenen Art, welches dadurch gekennzeichnet ist, daß das Seekabel maschinell über Kopf im Bund gewickelt wird und daß es über Kopf vom Bund abgezogen und ausgelegt wird. Auf diese Weise läßt sich ein besonders kleines Verlegungsschiff einsetzen. Die Verlegung kann mit hoher Geschwindigkeit und mit einfachen Mitteln durchgeführt werden, weil für den Oberkopfbzug von leichtgewichtigen Kabeln keine besonderen Maßnahmen erforderlich sind.

Sonstige Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen wiedergegeben.

Die Erfindung und ihre Weiterbildungen werden nachfolgend anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 in schematischer Darstellung eine verlegte Seekabel-Obertragungsstrecke,

Fig. 2 in schematischer Darstellung eine Vorrats-Kabellänge beiderseits eines Regenrateurs,

Fig. 3 den Aufbau eines komplett bestückten Regenrateurgehäuses im Querschnitt,

Fig. 4 den Aufbau eines ersten Ausführungsbeispiels eines optischen Seekabels für den Einsatz bei der Erfindung und

Fig. 5 den Aufbau eines weiteren Seekabels für den Einsatz bei der Erfindung im Querschnitt.

In Fig. 1 sind zwei Kopfstationen HD 1 und HD 2 gezeichnet, die im Küstenbereich liegen und über entsprechende Kabel CA 1 und CA 2 versorgt werden. Zur Überbrückung des Bereiches einer Seestrecke SE ist ein optisches Kabel OC auf dem Meeresgrund SEB verlegt, wobei Regenrateuren RG 1 und RG 2 vorgesehen sind.

Die einzelnen Seekabelstücke OC 1, OC 2 und OC 3 zwischen den Kopfstationen HD 1 und HD 2 bzw. den Regenrateuren RG 1 und RG 2 sind mit OC 1 bis OC 3 bezeichnet. Die Regenrateuren RG 1 und RG 2 sind mit autarken Energieversorgungseinrichtungen ausgestattet wie dies näher anhand von Fig. 3 erläutert wird. Die optischen Seekabel OC 1 bis OC 3 sind über Stecker ST 11 und ST 12 (beim Regenrateur RG 1) und ST 21 sowie ST 22 (beim Regenrateur RG 2) an die jeweiligen Regenrateuren angeschlossen.

Beiderseits der jeweiligen Regenrateuren RG 1 und RG 2 sind die optischen Kabel mit solchen Überlängen verlegt, daß ein Heben der Regenrateuren zu Reparatur bzw. Austauschzwecken möglich ist. Einzelheiten hierzu sind in Fig. 2 dargestellt, wo Teile der optischen Kabel OC 1 und OC 2 im Bereich des Regenrateurs RG 1 in Draufsicht gezeichnet sind, und die Schlangenlinien die notwendigen Seekabel-Überlänge symbolisieren.

Auf diese Weise ist es dann möglich, wie in Fig. 1 gestrichelt angedeutet, z. B. den Regenrateur RG 1 zu heben und durch einen neuen Regenrateur RG 1' zu ersetzen. Dieser Austauschvorgang ist in besonders einfacher Weise möglich, weil der Anschluß der zum Regenrateur RG 1 gehörenden optischen Kabel OC 1 und OC 2 über die Steckanschlüsse ST 11 und ST 12 erfolgt, so daß auf dem Reparaturschiff keine Arbeiten im Inneren des Regenrateurs notwendig werden, sondern nur die äußeren Anschlüsse im Bereich der Stecker ST 11 und ST 12 vorzunehmen sind.

Bei dem im Querschnitt dargestellten Regenrateur RG 1 nach Fig. 3 ist das Gehäuse GH aus einem hochdruckfesten Material hergestellt, wobei an der Oberseite eine Hebeöse HO angebracht ist, welche im Reparaturfall als Angriff für den Haken des Aufzugssieles dient. Zweckmäßigerweise hat das Gehäuse GH Kugelform oder Zylinderform. Über dem Gehäuse GH wird zweckmäßig eine mit einem Seil mit diesem verbundene Boje angebracht, was die Ortung und das Aufnehmen erleichtert. Über das Verbindungsseil der Boje kann auch von außen ein Nachladen z. B. von Batterien erfolgen, wozu das Seil (vorzugsweise Stahl) ein elektrisches Kabel beinhaltet soll.

Der Anschluß der zugehörigen optischen Seekabel OC 1 und OC 2 erfolgt über optische Steckverbindungen ST 11 und ST 12, wobei nachfolgend die Steckver-

Das optische Kabel *OC1* wird an der Außenseite des Regenerators *RG 1* durch einen Steckerteil *STS 1* abgeschlossen. Zweckmäßig ist für jede Faser des optischen Kabels ein eigenes Steckerteil *STS 1* vorgesehen. Im Gehäuse *GH* ist ein Fenster *FS* vorgesehen, in dem das jeweils angepaßte zweite Steckerteil *STS 2* druckfest eingebettet (z. B. vergossen) ist und gleichzeitig eine Art Durchführung bildet. Die beiden Steckerteile *STS 1* und *STS 2* sind über ein geeignetes Verbindungslement mechanisch zusammengehalten, das beispielsweise aus einer Überwurfmutter *UM* (auf *STS 1* festgehalten) und einer Außengewindehülse *GM* (auf *STS 2* festgehalten) bestehen kann.

Der Bereich des Steckerstiftes *STS 1* und der Steckbuchse *STS 2* muß nicht unbedingt gegen Seewasser abgedichtet sein, weil das Seewasser aufgrund seiner Eigenschaften praktisch als Immersionsflüssigkeit einzusetzen ist, d. h. ein erwaiger Spalt zwischen der Steckbuchse *STS 2* und dem Steckerstift *STS 1* kann ohne weiteres einen Zutritt für Seewasser bieten. Es genügt somit ein zug- und druckentlasteter Aufbau für den Stecker.

Nach einer optisch-elektrischen Umsetzeinrichtung *OE* ist ein Verstärker *AM* vorgesehen, der die ankommenden Signale auf entsprechend höhere Pegelwerte bringt, wobei ein nachfolgender elektrisch-optischer Umsetzer *EO* wieder optische Signale liefert, welche dann über die Steckverbindung *ST 12* und das optische Kabel *OC2* weiter übertragen werden.

Die optischen Seekabel *OC1* und *OC2* weisen keine für die Fernspeisung dienenden elektrischen Leitersysteme auf. Deshalb ist es notwendig, bei dem Regenerator *RG 1* eine eigene autarke Energieversorgungseinrichtung *EVE* vorzusehen, welche in verschiedener Form ausgebildet sein kann. Eine erste Möglichkeit besteht darin, einen kleinen Kernreaktor *KR* in das Regeneratorgehäuse *GH* einzubauen, wobei dieser die autonome Energieversorgung gewährleistet.

Es besteht aber auch die Möglichkeit, z. B. mittels einer außerhalb des Gehäuses *GH* angebrachten Empfangsanntenne – im vorliegenden Beispiel dargestellt als Parabolspiegel *PS* mit Antennenelement *AN* – von Zeit zu Zeit eine Nachladung der Energieversorgungseinrichtung *EVE* vorzunehmen, wenn diese nicht, als kleiner Kernreaktor ausgebildet ist. In diesem Fall ist die Energieversorgungseinrichtung *EVE* mit entsprechenden Speichereinrichtungen (Batterien) zu versehen, welche die Hochfrequenzenergie, welche über den Gleichrichter *GR* in Gleichstrom umgewandelt wird, zum Nachladen zu benutzen. Anstelle von hochfrequenter Energie kann gegebenenfalls auch eine Nachladung mit Sonarenergie vorgesehen werden, wobei entsprechende für Sonarenergie empfindliche Sensoren außerhalb des Gehäuses *GH* vorzusehen sind. Um eine bessere Ausrichtung und eine Energieübertragung mit geringerer Dämpfung durchzuführen ist es auch möglich, z. B. die Halteöse *HO* mit dazu zu benutzen, einen entsprechenden Sendestrahler an einem Seil zu dem Regenerator hinunter zu lassen und diesen in unmittelbarer Nähe des entsprechenden Sensors, z. B. der Antenne *AN* für den Nachladevorgang festzuhalten und auf diese auszurichten. Es ist aber auch möglich, mittels einer Böje und eines entsprechenden Kabels eine Nachladung der Batterien in *EVE* von der Seoberfläche her vorzunehmen.

In manchen Fällen kann es zweckmäßig sein, zum besseren Aufinden des Regenators eine entsprech-

Hochfrequenzbasis vorzusehen. Hierfür sind eine an die Energieversorgungseinrichtung *EVE* angeschlossene Codiereinrichtung *COD* und eine Decodiereinrichtung *DEC* vorgesehen, welche mit einer Antenne *AND* an der Außenwand des Gehäuses *GH* verbunden sind. Auf ein entsprechendes Abfragesignal, welches von der Antenne *AND* aufgenommen und in der Decodiereinrichtung *DEC* decodiert wird, stellt der Coder, *COD* ein Antwortsignal bereit, welches über die Antenne *AND* abgestrahlt wird. Auf diese Weise kann ein für einen Reparaturvorgang oder eine Nachladung bereitstehendes Schiff relativ genau die Position des jeweiligen Regenators orten. Auch passive Resonatoren (z. B. Filterresonatoren) können an der Außenseite des Gehäuses *GH* angebracht werden. Die beschriebene Seekabel-Übertragungsstrecke entsprechend den Fig. 1 bis 3 hat den Vorteil, daß nicht nur etwa Regeneratorgehäuse leicht ausgewechselt werden können, sondern ermöglicht es vor allem auch, daß im Fall der Beschädigung eines der optischen Seekabel z. B. des Kabelstücks *OC2* nach Fig. 1, einfach dieser gesamte Kabelabschnitt *OC2* ersetzt wird. Hierzu werden die beiden Regeneratorgehäuse *RG 1* und *RG 2* gehoben, ein neues Kabelstück *OC2* mit den entsprechenden Steckverbindungen an den beiden Enden in die Regenatoren *RG 1* und *RG 2* eingesetzt und auf diese Weise die Betriebsfähigkeit der Übertragungsstrecke wiederhergestellt.

Wegen der geringeren Dämpfung und der größeren Bandbreite werden zweckmäßig Einmodenfasern für die optischen Seekabel im Rahmen der Erfüllung vorgesehen, wobei in den meisten Fällen eine Faser für jede Kommunikationsrichtung ausreichend ist. Bei Verwendung von Wellenlängen-Multiplex genügt sogar eine Faser für die beiden Richtungen.

In Flachwasserbereichen, in denen Kabel auch bei stärkerer Bewehrung sehr leicht beschädigt oder (bei geringem Gewicht) von Strömungen verschoben werden, können zweckmäßig kürzere Verbindungen mit Redundanz durch paralleles Verlegen mehrerer gleichartiger Strecken hergestellt werden. Bei einer Beschädigung wird dann normalerweise nur eine der mehreren gleichartigen Strecken getroffen und es fällt nicht die gesamte Übertragungsstrecke aus. Weiterhin ist es möglich, durch Gewichtserhöhungen (z. B. durch einen Bleimantel oder eine zusätzliche Bewehrung) die verlegten optischen Seekabel in verstärktem Maße abriebssicher zu machen.

Das Verlegen der relativ leichten und sehr flexiblen Seekabel kann von kleinen und schnellen Schiffen aus erfolgen. Im Reparaturfalle brauchen ebenfalls lediglich kleine und einfache Schiffe die abgesenkten Regenatoren, die entsprechend groß und kräftig ausgeführt werden, um sie besser finden und fassen zu können, zu heben und mit den vorkonfektionierten Kabelenden des Ersatzkabels zu verbinden. Daraufhin werden die Regenatoren samt dem neuen Ersatzkabelstück wieder abgesenkt. Der Kostenunterschied zu klassischen Systemen, insbesondere für das Seekabel selbst und die Reparaturarbeiten, ist so groß, daß statt mehrfaseriger Kabel auch das parallele Legen mehrerer einfaseriger Kabel in Betracht kommen kann: Wenn die einzelnen Regenatoren von vornherein für das Anschließen mehrerer Fasern ausgelegt werden, ist auch das nachträgliche Erweitern einer Verbindung mit geringem Aufwand möglich. Wie bereits erwähnt, ist lediglich dafür zu sorgen, daß beiderseits eines Regenators so viel Kabel-Vorratslänge am Meeresboden liegt, daß das Heben der Rege-

als druckfeste und wasserdichte Spannkugeln ausgebaut. Ihr Durchmesser kann in der Größenordnung von 5 einem Meter liegen.

In Flachwassergebieten können die Kabel auch eingespult und/oder durch stärker bewehrte Kabelstücke 10 ersetzt bzw. ergänzt werden.

Das Kabel nach Fig. 4 weist eine einzige Lichtleiter 10 15 *LWL 1* auf, die in einer weichen Füllmasse *FM 1* beweglich, vorzugsweise mit Überlänge eingebettet ist. Um diese Innenstruktur ist eine Pufferung *BF 1* z. B. durch ein hartes Kunststoffmaterial (z. B. aus unter dem Handelsnamen "Grilamid TR55", und "Vestodur 3000" 15 20 bekannten Materialien) vorgesehen, welches eine röhrlörmige Innenhülle bildet. Auf dieser liegen Bewehrungselemente *BW 1* auf, welche aus zugfesten Stahldrähten bestehen, wobei die Zwiskelemente mit Korrosionsschutzmasse gefüllt sind. Außen ist ein Schutzmantel *AM 1* aus einem Polyamid aufgebracht.

Ein derartiges Einfaser-Seekabel hat ein Gewicht in 25 der Größenordnung von etwa 12 kg/km, einen Außen- durchmesser von etwa 2,4 mm, eine Kurzzeit-Belastbarkeit von etwa 1000 N, eine Bruchlast von 2800 N und ein Gewicht im Wasser in der Größenordnung von etwa 2800 30 7,5 kg/km. Die Reißlänge einer derartigen Kabelanordnung liegt bei etwa  $\frac{2800}{120} = 23$  km in Luft, und in Was-

ser bei  $\frac{2800}{7,5} = 37$  km.

Das nur schematisch dargestellte optische Kabel *OC 2* nach Fig. 5 weist mehrere Lichtwellenleiter *LWL 2 1* bis *LWL 2 n* auf (im vorliegenden Beispiel ist *n = 7* gewählt), die mit weichen Puffermaterialien *BF 2 1* bis *BF 2 n* umgeben sind. Die Zwiskelemente werden mit einer weichen Füllmasse *FM 2* gefüllt und anschließend ist ein Innenmantel *IM 2* vorgesehen. Die Bewehrung *BW 2* aus hochzugfesten Stahldrähten ist ebenfalls mit einer Korrosionsschutzmasse versehen 40 und außen ist ein Außenmantel *AM 2* vorgesehen. Ein Kabel dieser Art hat einen Außendurchmesser in der Größenordnung von 5 mm, ein Gewicht von 48 kg/km, eine Belastbarkeit von 3900 N, eine Bruchlast von 10 500 N und ein Gewicht in Wasser von 28,5 kg/km bei einer Reißlänge von 37 km in Wasser.

30

50

55

60

65

3701788

FIG 1

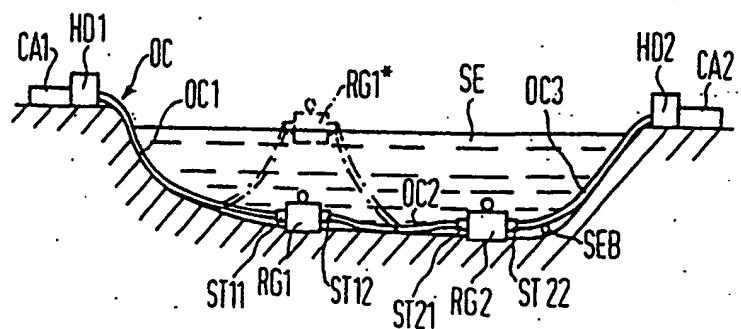


FIG 2

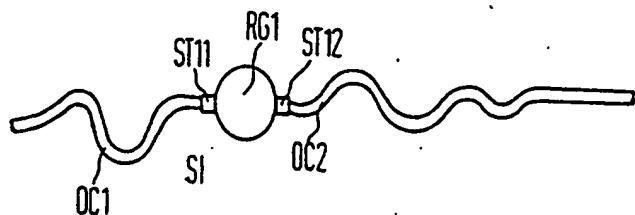


FIG 3

3701788

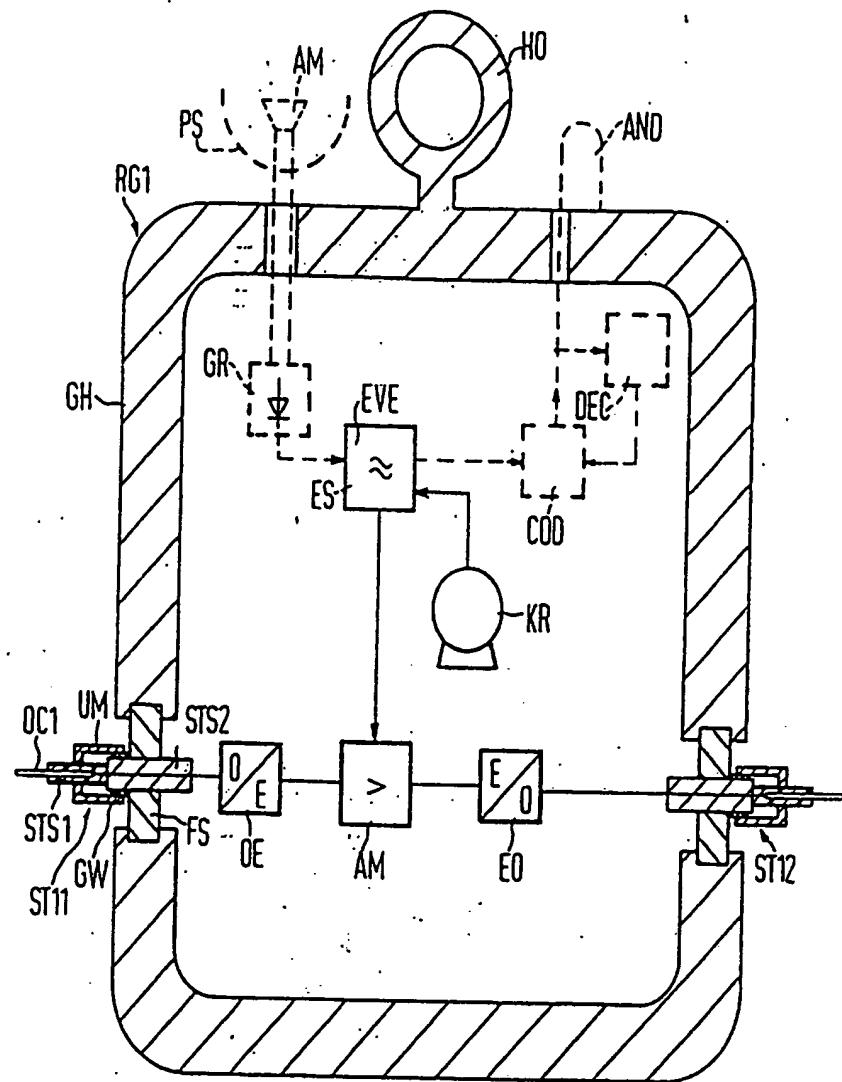


FIG 4

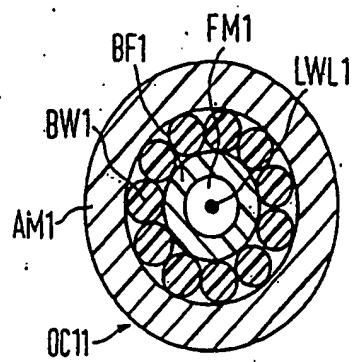
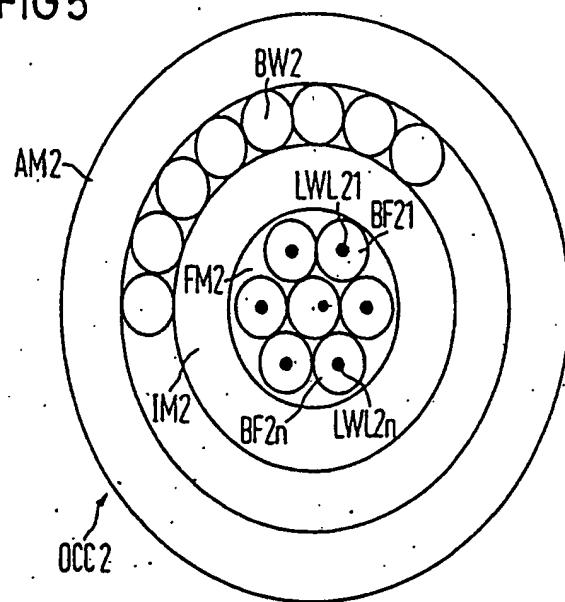


FIG 5



Marine cable transmission link with optical transmission elements

Abstract

The regenerators (RG1, RG2) have an autonomous power supply (EVE) which operates without remote feed and which is accommodated in a pressure-tight housing (GH), to which the respective marine cables (OC1, OC2) are connected from the outside via optical connectors (ST11, ST12).

Patent Claims

1. A marine cable transmission link with optical transmission elements (optical waveguides) and at least one regenerator (RG1), characterized in that the marine cable provided is a lightweight optical cable constructed without electric remote feed conductors, and in that the regenerator (RG1) in each case has an autonomous power supply device (EVE) that operates without remote feed and is accommodated in a pressure-tight housing (GH), to which the respective marine cables (OC1, OC2) are connected from the outside via optical plug connections (ST11, ST12).

2. The marine cable transmission link as claimed in claim 1, characterized in that the regenerator (RG1) has a small nuclear reactor (KR) as the power supply device.

3. The marine cable transmission link as claimed in claim 1 or 2, characterized in that the regenerator (RG1) has sensors or antennas (AM, PS) or connector cables which can be fed from the surface of the sea, for example by means of electromagnetic power or by means of ultrasound, and in that appropriate power storage devices (e.g. batteries or the like) are provided in the regenerator (RG1).

4. The marine cable transmission link as claimed in one of the preceding claims, characterized in that the regenerator (RG1) has on its outside sensors (AND) that can be activated via sound waves or electromagnetic waves, and in that in the interior of the regenerator (RG1) there is provided a response device (COD) which provides and emits a response signal which is preferably selective for each individual regenerator of the transmission link.

5. The marine cable transmission link as claimed in one of the preceding claims, characterized in that the housing (GH) of the regenerator (RG1) is constructed as a pressure-resistant, watertight steel sphere.

6. The marine cable transmission link as claimed in one of the preceding claims, characterized in that the housing (GH) in each case has a lifting eye (HO) on its

outer side.

7. The marine cable transmission link as claimed in one of the preceding claims, characterized in that the plug-in connections are pressure-relieved, and in that the seawater penetrates into the optical plugs (ST11) fitted to the housing and serves as an immersion liquid.

8. The marine cable transmission link as claimed in one of the preceding claims, characterized in that it is constructed as a cable which has one to six fibers, is lightweight, lightly armoured and easy to lay (Fig. 4, Fig. 5).

9. The marine cable transmission link as claimed in one of the preceding claims, characterized in that matched shorter connections are produced by laying a plurality of identical links in parallel.

10. The marine cable transmission link as claimed in one of the preceding claims, characterized in that, in particular for shallow water areas, the cable is made secure against being displaced by means of a lead sheath and/or an additional heavy armouring.

11. A method of laying a marine cable transmission link as claimed in one of the preceding claims, characterized in that the marine cable is wound overhead on the coil by machine, and in that it is drawn off and laid overhead from the coil.

12. The method as claimed in claim 10, characterized in that the laying of the cables is carried out from small fast ships.

13. The method as claimed in claim 10 or 11, characterized in that in the event of repair, only the sunk regenerators are raised and connected to a prefitted replacement cable section and sunk again.

14. The method as claimed in one of claims 10 to 12, characterized in that on both sides of a regenerator (RG1), so much cable is laid on the seabed that the regenerator (RG1) can be raised without damaging the connected cables (Fig. 2).

#### Description

The description relates to a marine cable transmission link with optical transmission elements (optical waveguides) and at least one regenerator.

Optical marine cables of this kind are known from "Elektrisches Nachrichtenwesen" [Electrical Telecommunications], Vol. 56, No. 4, 1981, pages 392 - 398. The connection between the regenerators (amplifiers) and the respective marine cable items is permanent, that is to say the marine cable is inserted into the interior of the

regenerator, specifically by means of a corresponding complicated sealing arrangement. The regenerators are supplied via electric conductors integrated into the optical marine cable. Within the context of a trial operation, an empty regenerator housing together with an appropriate loop of cable was laid and subsequently raised. The new amplifier was then spliced in and the cable laid back again.

The production and the laying of marine cables, which are provided with appropriate electric remote feed line systems, is relatively complicated, since appropriate electrical conductors additionally have to be introduced, the conductors themselves and their insulation contributing to stiffening the cable and to enlarging the diameter. Furthermore, previous marine cables, even when they were constructed with optical waveguides, are constructed with at least one to three layers and heavily armoured in any case depending on the laying depth and laying type. The reason for this resides in the necessity, hitherto viewed as unavoidable, of having to repair such a cable with the aid of classical methods in the event of damage. This necessity can result even from the possibility of the failure of the regenerators, which are always present over long stretches. The described construction of the known marine cables results in high production costs and high repair costs and includes the necessity of specific factories for the production and loading of these cables, and also specific laying and repair ships.

The invention is based on the object of providing a marine cable transmission link of the type mentioned at the beginning which can be produced and laid with substantially less outlay and which can also be repaired more cost-effectively. According to the invention, in a marine cable transmission link of the type mentioned at the beginning, this is achieved by the marine cable provided being a lightweight optical cable constructed without electric remote feed conductors, and by the regenerator in each case having an autonomous power supply device that operates without remote feed and is accommodated in a pressure-tight housing, to which the respective marine cables are connected from the outside via optical plug connections.

The construction of the optical cables within the context of the marine cable transmission link can be kept substantially simpler, since the electric conductors needed for the remote feed, together with the necessary insulation, can be omitted. As a result, the cables not only become simpler in terms of construction but also lighter, can be wound onto drums with a lower radius of

curvature because of the smaller cross section and can be drawn off more simply. At the same time, it has to be taken into account that, because of the low transmission attenuation in optical marine cables which have been achieved in the meantime, regenerator spacings of the order of magnitude of about 100 km are possible, so that only relatively few regenerators are needed even for long transmission links. The replacement of a regenerator can be carried out in a simple way, since in the case of said regenerators, the respective marine cables are connected from the outside via plug-in devices. In the event of a repair, it is therefore merely necessary to remove the regenerator that is no longer serviceable by loosening the plug-in connections and, for this purpose, to insert a new regenerator, only the plug-in connections having to be made again. On the repair ship, therefore, no complicated work has to be carried out during such a replacement, so that regenerator replacement can be carried out quickly and reliably without great effort. Likewise simple is the repair of a damaged section of marine cable, since the latter is simply replaced by a new one as far as the plug-in connections of the adjacent regenerators.

The avoidance of remote feed devices is made possible by the fact that each regenerator location has an autonomous power supply system, which is accommodated in a pressure-tight housing, to be specific expediently together with the respective amplifier. In detail, a small nuclear reactor can expediently be provided as the power supply device.

However, there is also the possibility of fitting to the regenerators sensors or antennas which, from the surface of the sea, can be fed, for example, by means of appropriately directed electromagnetic power or by means of ultrasound, appropriate power storage devices (e.g. batteries or the like) having to be provided in the regenerator itself.

With relatively low depths and low power consumption, it is also possible for solar cells fitted to the outside, if necessary floating, to be provided as power supply devices for the respective regenerators.

The invention relates further to a method of laying a transmission link of the type described above, which is characterized in that the marine cable is wound overhead in the coil by machine and in that it is drawn off the coil and laid overhead. In this way, a particularly small cable-laying ship can be used. Laying can be carried out at high speed and with simple means, since no special measures are required for drawing off lightweight cables overhead.

Other developments of the invention are reproduced in subclaims.

The invention and its developments will be explained in more detail below using drawings, in which

Fig. 1 shows a schematic illustration of a laid marine cable transmission link,

Fig. 2 shows a schematic illustration of a stored cable length on either side of a regenerator,

Fig. 3 shows the structure of a completely fitted regenerator housing in cross section,

Fig. 4 shows the construction of a first exemplary embodiment of an optical marine cable for use in the invention and

Fig. 5 shows the construction of a further marine cable for use in the invention in cross section.

Fig. 1 shows two head stations HD1 and HD2, which are located in the coastal area and are supplied via corresponding cables CA1 and CA2. In order to bridge the region of a marine section SE, an optical cable OC is laid on the seabed SEB, regenerators RG1 and RG2 being provided. The individual marine cable sections OC1, OC2 and OC3 between the head stations HD1 and HD2 and the regenerators RG1 and RG2 are designated OC1 to OC3. The regenerators RG1 and RG2 are equipped with autonomous power supply devices, as will be explained in more detail using Fig. 3. The optical marine cables OC1 to OC3 are connected to the respective regenerators via connectors ST11 and ST12 (in the case of regenerator RG1) and ST21 and ST22 (in the case of regenerator RG2).

On both sides of the respective regenerators RG1 and RG2, the optical cables are laid with such excess lengths that it is possible to raise the regenerators for repair or replacement purposes. Details relating to this are shown in Fig. 2, where parts of the optical cables OC1 and OC2 in the region of the regenerator RG1 are drawn in plan view, and the wavy lines symbolize the respective excess marine cable lengths.

In this way, it is then possible, as indicated dashed in Fig. 1, for example to raise the regenerator RG1 and replace it by a new regenerator RG1'. This replacement operation is possible in a particularly simple way since the connection of the optical cables OC1 and OC2 belonging to the regenerator RG1 is carried out via the plug-in connections ST11 and ST12, so that no work in the interior of the regenerator is necessary on the repair ship, instead only the outer connections have to be made in the region of the connectors ST11 and ST12.

In the case of the regenerator RG1 shown in cross

section according to Fig. 3, the housing GH is produced from a highly pressure-resistant material, a lifting eye HO being fitted to the upper side which, in the event of repair, serves as an attachment for the hook of the lifting cable. The housing GH expediently has a spherical shape or cylindrical shape. Above the housing GH, a buoy connected to the latter by a cable is expediently fitted, which makes location and picking up easier. Reloading of batteries, for example, can also be carried out from the outside via the connecting cable to the buoy, for which purpose the cable (preferably steel) is to include an electrical cable.

The associated optical marine cables OC1 and OC2 are connected via optical plug-in connections ST11 and ST12, the plug-in connection ST11 being described in more detail in the following text. The optical cable OC1 is terminated on the outside of the regenerator RG1 by a plug part STS1. A dedicated plug part STS1 is expediently provided for each fiber in the optical cable. Provided in the housing GH is a window FS, in which the respectively adapted second plug part STS2 is embedded (for example potted) in a pressure-tight manner and, at the same time, forms a type of lead through. The two plug parts STS1 and STS2 are held together mechanically by a suitable connecting element, which can comprise, for example, a union nut UM (held firmly on STS1) and an externally threaded sleeve GM (held firmly on STS2).

The region of the plug pin STS1 and of the plug socket STS2 does not necessarily have to be sealed off against seawater, because seawater, owing to its properties, can virtually be used as an immersion liquid, that is to say any gap between the plug socket STS2 and the plug pin STS1 can readily provide access for seawater. A tension- and pressure-relieving construction for the plug is therefore sufficient.

Provided downstream of an opto-electrical conversion device OE is an amplifier AM, which brings the incoming signals to correspondingly higher level values, a following electro-optical converter EO in turn supplying optical signals which are then transmitted onward via the plug-in connection ST12 and the optical cable OC2.

The optical marine cables OC1 and OC2 have no electric conductor systems serving for remote feed. It is therefore necessary to provide in the regenerator RG1 a dedicated, autonomous power supply device EVE, which can be constructed in various forms. One first possibility is to incorporate a small nuclear reactor KR into the regenerator housing GH, this ensuring the autonomous power supply.

However, there is also the possibility, for example by means of a receiving antenna fitted outside the housing

GH - illustrated in the present example as a parabolic mirror PS with antenna element AN - to perform recharging of the power supply device EVE from time to time if the latter is not constructed as a small nuclear reactor. In this case, the power supply device EVE has to be provided with appropriate storage devices (batteries), which use the high-frequency energy, which is converted into direct current by the rectifier GR, for the purpose of recharging. Instead of high-frequency power, if appropriate recharging with sonar energy can also be provided, appropriate sensors sensitive to sonar energy having to be provided outside the housing GH. In order to carry out better alignment and transmission of power with low attenuation, it is also possible, for example, to use the holding eye HO at the same time to let down an appropriate radiant transmitter on a cable to the regenerator and to fix said radiant transmitter in the immediate vicinity of the corresponding sensor, for example the antenna AN, for the recharging operation, and to align it with said antenna. However, it is also possible, by means of a buoy and an appropriate cable, to perform recharging of the batteries in the EVE from the surface of the sea.

In some cases, it may be expedient, in order to find the regenerator more easily, to provide an appropriate interrogation/response device based on sonar or high frequency. For this purpose, an encoding device COD connected to the power supply device EVE and a decoding device DEC are provided, which are connected to an antenna AND on the outer wall of the housing GH. In response to an appropriate interrogation signal, which is picked up by the antenna AND and decoded in the decoding device DEC, the encoder COD provides a response signal which is emitted via the antenna AND. In this way, a ship standing by for a repair operation or recharging can locate the position of the respective regenerator relatively accurately. In addition, passive resonators (for example filter resonators) can also be fitted to the outer side of the housing GH. The above-described marine cable transmission link corresponding to Figs. 1 to 3 has the advantage that not only can for example the regenerator housing be replaced easily, but it also primarily makes it possible, in the event of damage to one of the optical marine cables, for example the cable section OC2 according to Fig. 1, for this entire section of cable OC2 simply to be replaced. For this purpose, the two regenerator housings RG1 and RG2 are raised, a new cable section OC2 with the appropriate plug-in connections at the two ends is inserted into the regenerators RG1 and RG2 and, in this way, the operational

capability of the transmission link is reproduced.

Because of the lower attenuation and the greater bandwidth, single-mode fibers are expediently used for the optical marine cables within the context of the invention, in most cases one fiber being sufficient for each communication direction. If wavelength multiplex is used, one fiber is even sufficient for both directions.

In shallow water areas, in which cables are very easily damaged, even with relatively strong armouring, or (in the case of a low weight) are displaced by currents, shorter connections can expediently be produced with redundancy by means of laying a plurality of lengths of the same type in parallel. In the event of damage, only one of the plurality of identical links is then normally affected, and the entire transmission link does not fail. Furthermore, it is possible, by increasing the weight (for example by means of a lead sheath or additional armouring), to make the laid optical marine cables secure to an increased extent against being driven.

The laying of the relatively lightweight and very flexible marine cables can be carried out from small and fast ships. In the event of repair, likewise only small and simple ships need to raise the sunk regenerators, which are designed to be appropriately large and powerful, in order to be able to find and grasp them better, and to connect them to the prefitted cable ends of the replacement cable. The regenerators, together with the new replacement cable section, are then sunk again. The difference in cost as compared with the classical systems, in particular for the marine cable itself and the repair work, is so great that, instead of multifiber cables, the parallel laying of a plurality of single-fiber cables can also be considered. If the individual regenerators are designed from the start for the connection of a plurality of fibers, the subsequent expansion of a connection is also possible with little effort. As already mentioned, it is merely necessary to ensure that, on both sides of a regenerator, there is so much stored cable length on the seabed that raising the regenerator can be carried out without damaging the connected cables (cf. Fig. 2).

The regenerator housings GH are expediently constructed as pressure-resistant and watertight steel spheres. Their diameter may be of the order of magnitude of one meter.

In shallow water areas, the cables can also be wound in and/or replaced or supplemented by more heavily armoured cable sections.

The cable according to Fig. 4 has a single optical fiber LWL1, which is embedded in a soft filling compound

FM1 such that it can move, preferably with an excess length. Provided around this internal structure is a buffering means BF1, for example by means of a hard plastic material (for example of materials known under the trade names "Grilamid TR55" and "Vestodur 3000"), which forms a tubular inner sheath. On the latter, armouring elements BW1 rest, which consist of high-tensile steel wires, the pocket elements being filled with corrosion prevention compound. On the outside, a protective sheath AM1 of a polyamide is fitted.

A single-fiber marine cable of this type has a weight of the order of magnitude of about 12 kg/km, an outer diameter of about 2.4 mm, a short-term load-bearing capacity of about 1000 N, a breaking load of 2800 N and a weight in water of the order of magnitude of about 7.5 kg/km. The breaking length of a cable arrangement of this type is around  $2800/120 = 23$  km in air and, in water, around  $2800/7.5 = 37$  km.

The optical cable OC2, illustrated only schematically in accordance with Fig. 5, has a plurality of optical waveguides LWL21 to LWL2n ( $n = 7$  is selected in the present example), which are surrounded with soft buffer materials BF21 to BF2n. The pocket spaces are filled with a soft filling compound FM2 and an inner sheath IM2 is subsequently provided. The armouring BW2 of high tensile strength steel wires is likewise provided with a corrosion prevention compound, and an outer sheath AM2 is provided on the outside. A cable of this type has an outer diameter of the order of magnitude of 5 mm, a weight of 48 kg/km, a load-bearing capacity of 3900 N, a fracture load of 10 500 N and a weight in water of 28.5 kg/km with a breaking length of 37 km in water.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**